

〔続葉有〕



---

(57) 要約:

本発明は、連続面に沿って移動する移動体に搭載されるレーダ装置に、(1)前記移動体の移動方向に沿ったメインローブと、前記連続面に向かうサイドローブを有する信号を発信し、前記メインローブ方向のターゲットからの第1反射信号と前記サイドローブ方向の前記連続面からの第2反射信号とを受信する送受信部と、(2)前記送受信部が受け付けた第2反射信号と前記送受信部が発信する信号とのビート信号の周波数を検出し、当該周波数に基づき、前記連続面に対する当該レーダ装置の姿勢に相関する情報を検出する制御処理手段と、を設けることとした。これにより、ハードウェアの追加なく、移動体に対する取付け姿勢の変化を検出することが可能となる。

## 明細書

## レーダ装置

## 技術分野

本発明は、電波を送信し、その反射波を受信することによって、ターゲットの存在等を検出するレーダに関する。

## 背景技術

電波レーダは、様々な分野において、物標までの距離等を計測するために利用されている。例えば、自動車産業においては、先行車両との車間距離を計測するための車両搭載用レーダの開発が盛んに進められている。

このようなレーダは、利用する電波の波形によって各種方式に分類される。例えば、電子情報通信学会誌1996年10月号(pp977-pp981)「自動車用ミリ波レーダの開発動向」には、パルスレーダ、2周波CW(Continuous Wave)レーダ、FM CW(Frequency Modulated Continuous Wave)レーダ等、各種方式のレーダが記載されている。パルスレーダは、パルス波を発射してから、そのエコーを受波するまでの経過時間に基づき、物標までの距離を検出する無線装置である。2周波CWレーダは、互いに周波数の異なる2つの連続波を交互に発射し、それらのエコーのドップラシフトに基づき、物標までの距離および物標の相対速度を検出する無線装置である。FM CWレーダは、三角波周波数変調等の適当な繰返し周波数変調を施した連続波を発射し、

その送信信号とその反射信号とのビート周波数に基づき、物標までの距離および物標の相対速度を検出する無線装置である。これらのレーダのうち、2周波CWレーダおよびFMCWレーダは、受信アンテナによる受信信号にFFT(Fast Fourier Transform)処理を施すことによって得られる周波数スペクトルのピーク信号の周波数および位相に基づき、物標までの距離および物標の相対速度を検出する。

さて、車両に搭載されるレーダは、道路の路面に存在するターゲット(先行車両等)の検知を主な目的として車両に搭載されるため、道路の上方に存在する歩道橋等をターゲットとして誤検知してしまうのは好ましくない。このため、レーダは、車両に取り付けられた状態において、路面の面内方向に電波を送信し、かつ、路面の面内方向から電波を受信することができる姿勢を維持している必要がある。このことに関連して、特開2000-56020号公報記載の技術が知られている。この技術は、車両の進行方向に対して上下にわずかに傾いた方向に電磁波を発射する2つの電磁波発射源を物体検知装置に搭載し、各電磁波発射源からの電磁波の反射波の強度を比較することによって、物体検知装置の姿勢の変化を検出するものである。なお、特開2000-56020号公報には、電磁波の例として、レーザ光、ミリ波が挙げられている。

### 発明の開示

本発明の目的は、ハードウェアの追加なく、移動体に対する取付け姿勢の変化を検出することができるレーダ装置を提供することにある。この目的を達成するために、本発明は、連続面に沿って移動する移動体に搭載されるレーダ装置に、(1)前記移動体の移動方向に沿ったメ

インローブと、前記連続面に向かうサイドローブを有する信号を発信し、前記メインローブ方向のターゲットからの第1反射信号と前記サイドローブ方向の前記連続面からの第2反射信号とを受信する送受信部と、(2)前記送受信部が受け付けた第2反射信号と前記送受信部が発信する信号とのビート信号の周波数を検出し、当該周波数に基づき、前記連続面に対する当該レーダ装置の姿勢に相關する情報を検出する制御処理手段と、を設けることとした。

なお、本発明を実施するための最良の形態において挙げる具体的な構成に含まれる事項は、可能な限りの組合せの自由度を有し、その組合せのいずれもが発明を構成するものとする。例えば、本発明を実施するための最良の形態として挙げた構成からその一部を適宜に削除した形態も、また、本発明の実施形態の1つとなり得る。

#### 図面の簡単な説明

図1は、本発明の実施の一形態に係るレーダの送信アンテナと受信アンテナとのアンテナ利得の合成により得られたアンテナ特性図である。  
図2は、移動体に対するレーダの取付け姿勢の検出原理を説明するためのアンテナパターン図である。

図3は、移動体に対するレーダの取付け姿勢の検出原理を説明するためのアンテナパターン図である。

図4は、本発明の実施の一形態に係るレーダシステムの概略構成図である。

図5は、本発明の実施の一形態に係るレーダのハウジングの構成を説明するための図である。

図6は、本発明の実施の一形態に係るマイクロコンピュータが実行す

る処理のフローチャートである。

図 7 は、F F T により生成される周波数スペクトルを示した図である。

図 8 は、F F T により生成される周波数スペクトルを示した図である。

図 9 は、本発明の実施の一形態に係るマイクロコンピュータが実行する処理のフローチャートである。

図 10 は、F M C W レーダからの送信信号の周波数の変化を示した図である。

図 11 は、F M C W レーダからの送信信号とその反射信号とのミキシングにより得られるビート信号の周波数の変化を示した図である。

図 12 は、F F T により生成される周波数スペクトルを示した図である。

図 13 は、本発明の実施の一形態に係るマイクロコンピュータが実行する処理のフローチャートである。

図 14 は、本発明の実施の一形態に係るマイクロコンピュータが実行する処理のフローチャートである。

#### 発明を実施するための最良の形態

以下、添付の図面を参照しながら、本発明を実施するための最良の形態について説明する。

まず、移動体に対するレーダの取付け姿勢の検出原理について説明する。

レーダのアンテナは、通常、図 1 に示すように、電波の放射パターンに、メインローブ  $a_0$  に続く一連のサイドローブ  $a_1, a_2, \dots, a_1', a_2', \dots$  が、メインローブ  $a_0$  を挟んで  $\pm 90^\circ$  の角度範囲に放射状に現われるように設計されている。このため、図 2 に示すように、

平滑な路面 300 上の移動体 400 に、その移動方向とアンテナのメインローブ  $a_0$  とが平行になるようにレーダ 100 を搭載すれば、アンテナのサイドローブ  $a_1, a_2, \dots, a_1', a_2', \dots$  のうちの一部のサイドローブ  $a_1, a_2, \dots$  と路面 300 とのなす角  $\Phi_1, \Phi_2, \dots$  は、理論的には、メインローブ  $a_0$  となす角度  $\phi_1, \phi_2, \dots$  と等しくなる。以下、このときの、移動体に対するレーダの取付け姿勢を基準姿勢と呼ぶ。ここで、移動体 400 に対するレーダ 100 の取付け姿勢に変化が生じると、それに応じて、アンテナのサイドローブ  $a_1, a_2, \dots$  と路面 300 とのなす角度も変化する。例えば、図 3 に示すように、搭載車両の進行方向に垂直な水平軸周りに、搭載車両に対するレーダ 100 の取付け姿勢が、基準姿勢から角度  $\theta$  だけ回転した場合には、アンテナのサイドローブ  $a_1, a_2, \dots$  と路面 300 とのなす角度  $\Phi_1, \Phi_2, \dots$  は、理論的には、レーダの回転角度  $\theta$  と等しい角度だけ増加する。

このように、アンテナのサイドローブと路面とのなす角は、搭載車両の進行方向に垂直な水平軸周りの、レーダの回転角度に応じて変化する。そこで、本実施の形態では、アンテナのサイドローブ  $a_1, a_2, \dots$  と路面 300 とのなす角度  $\Phi_1, \Phi_2, \dots$  を検出し、その検出結果に基づき、移動体に対するレーダの取付け姿勢の変化を推定することとする。アンテナのサイドローブ  $a_1, a_2, \dots$  と路面 300 とのなす角度  $\Phi_1, \Phi_2, \dots$  の算出方法は、レーダの変調方式に応じて異なるが、以下、その具体例を示しておく。

例えば、2 周波 CW レーダについては、以下に示すような手法により、アンテナのサイドローブ  $a_1, a_2, \dots$  と路面 300 とのなす角度  $\Phi_1, \Phi_2, \dots$  を算出可能である。

レーダのアンテナの電波放射域に物体が存在していると、レーダの

アンテナは、その物体からのエコーを受信する。このエコーは、レーダと物体との間に相対運動によってドップラー効果を受ける。このため、このエコーの周波数は、次式(1)によって与えられるドップラー周波数  $f$  だけ、アンテナからの電波の発信周波数  $f_c$  からずれる。

$$f = 2 \cdot f_c \cdot v / c \quad \dots(1)$$

ここで、 $c$  は、光速であり、 $v$  は、レーダと物体との相対速度である。

速度  $V$  で移動中のレーダのアンテナの各サイドローブ  $a_1, a_2, \dots$  の方向にそれぞれ静止物体が存在している場合、レーダとそれら各静止物体との相対速度が  $V \cdot \cos \phi_1, V \cdot \cos \phi_2, \dots$  となる。したがって、数式(1)より、レーダのアンテナがそれら各静止物体から受信するエコーのドップラー周波数  $f_1, f_2, \dots$  を求めると、次式(2)が得られる。

$$f_k = 2 \cdot f_c \cdot V \cdot \cos \phi_k / c \quad (k = 1, 2, \dots) \quad \dots(2)$$

路面上を速度  $V$  で移動する移動体にレーダが搭載されている場合にアンテナの各サイドローブ  $a_1, a_2, \dots$  の方向に存在する路面を静止物体と考えれば、路面からのエコーのドップラー周波数  $f_1, f_2, \dots$  を FFT 処理により検出し、その検出値  $f_1, f_2, \dots$  を数式(2)に代入することによって、アンテナのサイドローブ  $a_1, a_2, \dots$  と路面とのなす角度  $\phi_1, \phi_2, \dots$  を求めることができる。

また、FMCWレーダについては、以下に示すような手法により、アンテナのサイドローブ  $a_1, a_2, \dots$  と路面とのなす角度  $\phi_1, \phi_2, \dots$  を算出可能である。

レーダと、そのアンテナの電波放射域に存在している物体までの距離  $Range$  は、次式(3)によって与えられる。

$$Range = c \cdot (f_{b+} - f_{b-}) / (8 \cdot \Delta F \cdot f_m) \quad \dots(3)$$

ここで、 $c$  は、光速であり、 $f_{b+} - f_{b-}$  は、物体からのエコーの



ビート信号の周波数が交互に示す値  $f_{b+}$ ,  $f_{b-}$  (図 11 参照) の和であり、 $f_m$  は、送信アンテナからの送信電波 (図 10 参照) の繰り返し周期であり、 $\Delta F$  は、送信アンテナからの送信電波の周波数偏移幅であり、 $\lambda$  は、送信アンテナからの電波の波長である。

レーダのアンテナの各サイドローブ  $a_1, a_2, \dots$  の方向に存在する路面を静止物体と考えれば、レーダのアンテナの各サイドローブ  $a_1, a_2, \dots$  が路面に到達する位置とレーダとの間の距離 (図 2 および図 3 における  $R_1, R_2, \dots$ ) も、数式 (3) の Range により与えられる。また、レーダのアンテナの各サイドローブ  $a_1, a_2, \dots$  が路面に到達する位置とレーダとの間の距離 (図 2 および図 3 における  $R_1, R_2, \dots$ ) を幾何学的に算出すると、次式 (4) が得られる。

$$R_k = H / \sin \Phi_k \quad (k = 1, 2, \dots) \quad \dots (4)$$

ここで、 $H$  は、基本姿勢を維持しているレーダのアンテナのメインローブ  $a_0$  と路面との間の距離 (図 2 における  $H$ ) である。

そして、数式 (4) で与えられる距離  $R_k$  を数式 (3) の Range に代入すると、次式 (5) が得られる。

$$H / \sin \Phi_k = c \cdot (f_{b+} + f_{b-}) / (8 \cdot \Delta F \cdot f_m) \quad (k = 1, 2, \dots) \quad \dots (5)$$

そこで、路面からのエコーのビート信号が交互に示す周波数  $f_{b+}$ ,  $f_{b-}$  を FFT 処理によりサイドローブごとに検出し、それらの検出値  $f_{b+}$ ,  $f_{b-}$  を数式 (5) に代入することによって、アンテナの各サイドローブ  $a_1, a_2, \dots$  と路面 300 とのなす角度  $\Phi_1, \Phi_2, \dots$  を求めることができる。

つぎに、移動体に対するレーダの取付け姿勢を上述の原理により推定することができるレーダシステムの構成について説明する。ここでは、レーダシステムのレーダとしてホモダイン方式の 2 周波 CW レー

ダを採用した例を挙げるが、このことは、ヘテロダイン方式の2周波CWレーダの採用を妨げるものではない。

図4に示すように、本実施の形態に係るレーダシステムは、車両に既存の車速センサ(不図示)から車速データVの入力を逐次受け付ける2周波CWレーダ100、2周波CWレーダ100の出力情報(ターゲットに関する計測情報、搭載車両に対する2周波CWレーダ100の傾き情報)を出力する出力装置(液晶ディスプレイ、スピーカ等)200、等を有している。

2周波CWレーダ100は、搭載車両の前方に向けて電波Aを送波する送信部110と搭載車両の前方の物体(ターゲット、搭載車両の走行路)からのエコーBを受波する受信部120とを含む送受信部、搭載車両の前方の物体を受信部120の出力から検知する制御処理部130、これらを内部に収容したハウジング(図5参照)、等を有している。

送信部110は、制御処理部130からの切換え指示に応じて2種類の変調信号を交互に出力する変調器111、変調器111からの変調信号に応じた発信周波数 $f_1$ 、 $f_2$ の高周波信号(例えば、ミリ波)を出力する発振器112、発振器112からの出力信号を電波Aとして発信する送信アンテナ113、発振器112からの出力の一部を中間周波数帯への周波数変換の基準信号として受信部120へ導く方向性結合器114、等を有している。このような構成により、送信部110は、搭載車両の前方に向けて、互いに発信周波数が異なる連続波Aを送信アンテナ113から交互に発射させる。

受信部120は、搭載車両の前方の物体からのエコーBを受信する受信アンテナ121、受信アンテナ121の出力信号と方向性結合器114からの信号とのミキシングによりビート信号を電波Aの発信周波数 $f_1$ 、 $f_2$ ごとに生成するミキサ122、ミキサ122の出力信号

を電波 A の発信周波数  $f_1, f_2$  ごとにそれぞれ復調および増幅するアナログ回路 123、電波 A の発信周波数  $f_1, f_2$  ごとにアナログ回路 123 から出力されるアナログ信号  $F_1, F_2$  をそれぞれ適当なサンプリング間隔でサンプリングする A/D 変換器 124、等を有している。このような構成により、受信部 120 は、搭載車両の前方の物体からのエコー B を、電波 A の発信周波数  $f_1, f_2$  別に増幅してから検波する。

制御処理部 130 は、出力装置 200 に接続されるマイクロコンピュータを有している。このマイクロコンピュータは、プログラムの実行により、機能構成部として信号処理部 131 および記憶部 132 を実現する。信号処理部 131 は、2つの発信周波数  $f_1, f_2$  の切換えタイミングを変調器 111 およびアナログ回路 123 に指示するとともに、ターゲットに関する計測情報(レーダ 100 からターゲットまでの距離、レーダ 100 とターゲットとの相対速度等)および 2 周波レーダ 100 の傾き情報を受信部 120 の検波結果から検出し、それらの情報を出力装置 200 へ出力する。また、記憶部 132 は、2 周波レーダ 100 の傾き情報の検出に信号処理部 131 が必要とする固定値データ群(低速検出用閾値、2つのサイドローブ検出用閾値、2つの取付け姿勢異常検知用閾値)を予め保持するとともに、信号処理部 131 が得た周波数スペクトルを履歴情報として保存する。

ハウジングは、図 5 に示すように、対向する位置に取り付けられた 2 枚の貫通孔付きつば 141 a、搭載車両のフロント部に固定された取付けブラケット 140 にハウジング 141 を固定する固定部材(不図示)、2 枚のつば 141 a の各貫通孔に挿入された状態で取付けブラケット 140 の対応調整ネジ孔 140 a に締結される複数の調整ボルト 142、を有している。このような構成のハウジングによれば、ユ

レーザは、各調整ボルト 142 の締め付け量によって、ハウジング 141 とブラケット 140 との間隔を複数位置で調整することができるため、取付けブラケット 140 に対するハウジング 141 の姿勢、すなわち、搭載車両に対するレーザの取付け姿勢を調整することができる。なお、調整ネジ群 142 によるカバー 141 の固定位置は、x 軸および y 軸周りのカバー 141 の傾斜を補正することができるように、一列上に存在しない 3 点であることが望ましいが、かならずしも、そのようにする必要はない。例えば、カバー 141 の傾斜をより細かく調整可能とするために、調整ネジ群 142 による固定位置をカバー 141 に 4 点以上設けてもよい。また、y 軸周りのカバー 141 の傾斜が計測結果にそれほど影響を与えないような場合には、調整ネジ群 142 による固定位置を、y 軸方向に沿ったカバー中心軸上に並んだ 2 点としてもよい。

つぎに、レーダ 100 のマイクロコンピュータが実行する処理、すなわち、マイクロコンピュータがソフトウェアの実行により実現する各機能処理部が実行する処理を、ユーザによる調整処理を交えながら説明する。なお、ここでは、路面側の一連のサイドローブ  $a_1, a_2, \dots$  のうち、強度の大きな第 1 サイドローブ  $a_1$  および第 2 サイドローブ  $a_2$  にだけ着目することとする。

レーダ 100 のマイクロコンピュータが実行する処理のフローチャートを図 6 に示す。

制御処理部 130 の信号処理部 131 が 2 つの発信周波数  $f_1, f_2$  の切替えタイミングの指示を開始すると、送波部 110 の変調器 111 と受波部 120 のアナログ回路 123 とには、それぞれ、2 つの発信周波数  $f_1, f_2$  の切替えタイミングの指示が交互にかつ周期的に与えられる。これにより、以後、送波部 10 の送信アンテナ 113

からは、各発信周波数  $f_1, f_2$  の電波が交互にかつ周期的に発信され (Step 500)、電波の放射範囲内の物体からのエコー検波を受波部 120 が開始する (Step 501)。

電波 A の放射範囲の物体からのエコーを受波部 120 が検波すると、制御処理部 130 の信号処理部 131 は、受波部 120 からのサンプル信号を、発信周波数  $f_1, f_2$  別に高速フーリエ変換 (FFT: Fast Fourier Transform) 処理によって周波数成分に分解する (Step 502)。

その後、制御処理部 130 の信号処理部 131 は、低速検出用閾値を記憶部 132 から読み出し、その低速検出用閾値と車速センサからの車速データ  $V$  とを比較する (Step 503)。

その結果、車速センサからの車速データ  $V$  が低速検出用閾値未満であった場合には、制御処理部 130 の信号処理部 131 は、Step 502 に処理を戻し、受波部 120 からの新たなサンプル信号に対する FFT 処理を実行する。ここで、車速センサからの車速データ  $V$  が低速検出用閾値未満であった場合に Step 502 に処理を戻すこととしているのは、搭載車両が低速走行中である場合には、レーダ 100 の傾き情報を精度良く検出されることが期待できないためである。

一方、車速センサからの車速データ  $V$  が低速検出閾値以上であった場合には、制御処理部 130 の信号処理部 131 は、以下に示すように、搭載車両に対する相対的なレーダ 100 の姿勢の評価処理を実行する。

まず、制御処理部 130 の信号処理部 131 は、Step 502 において得られた周波数スペクトルの周波数を、車速センサからの車速データ  $V$  で割ることによって無次元化する (Step 504)。制御処理部 130 の信号処理部 131 は、このようにして周波数を無次元化した周波数スペクトルデータを履歴情報として記憶部 132 に格納するととも

に、記憶部 132 に履歴情報として格納されている周波数スペクトルデータ群のうち、現在から所定の時間(例えば 1 分間)内に格納された周波数スペクトルデータを合成し、それを合成データ数で割る(Step 505)。これにより、図 7 に示すような、メインローブ  $a_0$  と各サイドローブ  $a_1, a_2$  とのなす角  $\Phi_1, \Phi_2$  の設計値  $\phi_1, \phi_2$  により定まる周波数  $s_1, s_2$  の位置にピーク信号  $p_1, p_2$  が現われた周波数スペクトルが得られる。その反対に、搭載車両の進行方向に垂直な水平軸周りにレーダ 100 が基準姿勢から回転していれば、図 8 に示すような、メインローブ  $a_0$  と各サイドローブ  $a_1, a_2$  とがなす角  $\Phi_1, \Phi_2$  の設計値  $\phi_1, \phi_2$  とレーダ 100 の回転角度  $\theta$  との和により定まる周波数  $s_1', s_2'$  の位置にピーク信号  $p_1', p_2'$  が現われた周波数スペクトルが得られる。

そこで、制御処理部 130 の信号処理部 131 は、2 つのサイドローブ検出用閾値  $P_1, P_2$  ( $P_1 > P_2$ ) を記憶部 132 から読み出し、それら 2 つのサイドローブ検出用閾値の間 ( $P_2$  以上  $P_1$  以下) に存在するピーク信号を、Step 505 で得られた周波数スペクトルから検出する(Step 506)。これにより、各サイドローブ  $a_1, a_2$  に対応するピーク信号を含むピーク信号群が検出される。

その後、制御処理部 130 の信号処理部 131 は、2 つの取付け姿勢異常検知用閾値  $S_1, S_2$  ( $S_1 > S_2$ ) を取り出し、これら 2 つの取付け姿勢異常検知用閾値の間の周波数域 ( $S_2$  以上  $S_1$  以下) に、サイドローブ  $a_1, a_2$  と同数のピーク信号の周波数が存在しているか否かを判断する(Step 507)。その結果、サイドローブ  $a_1, a_2$  の数と同じ数(2 つ)のピーク信号が 2 つの取付け姿勢異常検知用閾値の間に存在していれば、搭載車両に対してレーダ 100 が基準姿勢を維持しているとすることができる。

そこで、サイドローブ  $a_1, a_2$  と同数のピーク信号が 2 つの取付け姿勢異常検知用閾値の間 ( $S_2$  以上  $S_1$  以下) に存在していた場合、すなわち、搭載車両に対してレーダ 100 が基準姿勢を維持している場合には、制御処理部 130 の信号処理部 131 は、メインローブに対応するピーク信号の周波数 (ドップラー周波数) および位相差から、ターゲットに関する計測情報を算出し、その情報を出力装置 200 に出力する。具体的には、ターゲット検出用閾値  $P_3$  を記憶部 132 から読み出して、このターゲット検出用閾値  $P_3$  以上のピーク信号 (図 7 におけるピーク信号  $P_0$ ) を発信周波数別に検出し、それらのピーク信号  $P_0$  の周波数および位相差から、レーダ 100 とターゲットとの相対速度  $Rate$ 、および、レーダ 100 からターゲットまでの距離  $Range$  を、ターゲットに関する計測情報として算出する (Step 509)。ここで、ターゲットに関する計測情報の算出には次式 (6) (7) が用いられる。

$$Range = c \cdot \Delta \phi / \{ 4 \cdot \pi \cdot \Delta f \} \quad \dots (6)$$

$$Rate = c \cdot f_d / (2 \cdot f_c) \quad \dots (7)$$

ここで、 $c$  は、光速であり、 $\Delta \phi$  は、発信周波数  $f_1, f_2$  別に得られた周波数スペクトルのピーク信号の位相差 ( $\phi_1 - \phi_2$ ) であり、 $\Delta f$  は、発信周波数  $f_1, f_2$  の差分 ( $f_1 - f_2$ ) であり、 $f_d$  は、発信周波数  $f_1, f_2$  別に得られた各周波数スペクトルのピーク信号の周波数  $f_{d1}, f_{d2}$  の平均値  $(f_{d1} + f_{d2}) / 2$  であり、 $f_c$  は、発信周波数  $f_1, f_2$  の平均値  $(f_1 + f_2) / 2$  である (以下の数式において同じ)。

また、このとき、2 つの取付け姿勢異常検知用閾値の間 ( $S_2$  以上  $S_1$  以下) に存在しているピーク信号の振幅に基づく路面状態診断処理を制御処理部 130 の信号処理部 131 に実行させるようにしてもよい。例えば、路面に凹凸がある場合等には、サイドローブ  $a_1, a_2$  に

対応するピーク信号の振幅が大きくなるため、2つの取付け姿勢異常検知用閾値の間( $S_2$ 以上 $S_1$ 以下)で第1閾値以下となった場合には、路面に凹凸がある旨の警告メッセージが出力されるようにしてもよい。また、路面に水たまりがある場合等には、サイドロープ $a_1, a_2$ に対応するピーク信号の振幅が小さくなるため、2つの取付け姿勢異常検知用閾値の間( $S_2$ 以上 $S_1$ 以下)で第2閾値以上となった場合には、スリップに注意すべき旨の警告メッセージが出力されるようにしてもよい。

一方、サイドロープ $a_1, a_2$ と同数のピーク信号が2つの取付け姿勢異常検知用閾値の間( $S_2$ 以上 $S_1$ 以下)に存在していない場合、すなわち、搭載車両に対してレーダ100の姿勢が変化した場合には、制御処理部130の信号処理部131は、以下の2つの数式(8)(9)から、それぞれ、搭載車両の進行方向に垂直な水平軸周りにレーダ100が基準姿勢から回転した角度 $\theta$ を算出する。

$$\theta = \cos^{-1}\{s_1' \cdot c / (2 \cdot f c)\} - \phi_1 \quad \dots(8)$$

$$\theta = \cos^{-1}\{s_2' \cdot c / (2 \cdot f c)\} - \phi_2 \quad \dots(9)$$

そして、制御処理部130の信号処理部131は、これらの数式(8)(9)から得られた2つの角度値の平均値を、搭載車両に対するレーダ100の傾き情報として出力装置200に出力する。また、制御処理部130の信号処理部131は、レーダの取付け姿勢の調整を要する旨の警告メッセージを記憶部132から取り出し、この警告メッセージを傾き情報とともに出力装置200に出力する。これにより、出力装置200からは、レーダの取付け姿勢の調整を要する旨の警告メッセージとともに、搭載車両に対するレーダ100の傾き情報が、音声および画像のうちの少なくとも一方により出力される(Step508)。その結果、ユーザは、レーダの取付け姿勢の調整が必要であることを



警告メッセージにより知ることができるとともに、搭載車両に対するレーダの取付け姿勢が基準姿勢からどの程度の変化してしまったのかを、搭載車両に対するレーダ１００の傾き情報から認識することができる。これにより、調整ボルト１４２の締め付けによる、レーダ１００の取付け姿勢の調整作業をスムーズに進めることができる。

以上の処理によれば、２周波ＣＷレーダにハードウェアを追加しなくても、搭載車両に対するレーダ１００の取付け姿勢の変化を検出することができる。

なお、本実施の形態においては、ユーザが、搭載車両に対するレーダの取付け姿勢の調整作業を行うこととしているが、搭載車両の進行方向に垂直な水平軸周りにレーダ１００を回転させるモータを取り付け、マイクロコンピュータが、搭載車両に対するレーダ１００の傾き情報を小さくするように、モータの回転角を制御するようにしてもよい。

また、本実施の形態においては、レーダの取付け姿勢の調整を要する旨をユーザに報知すべく、音声および画像のうちの少なくとも一方で警告メッセージを出力するようにしているが、警告アラームの出力、ＬＥＤの点滅等によって、レーダの取付け姿勢の調整を要する旨をユーザに報知するようにしてもよい。

また、本実施の形態では、車速センサから得られた車速で周波数スペクトルの周波数を無次元化しているが、必ずしも、このようにする必要はない。例えば、メインローブに対応するピーク信号の周波数を検出し、この周波数値で、周波数スペクトルの周波数を割るようにしてもよい。また、車速が予め定めた値になった場合にだけ、搭載車両に対する相対的なレーダ１００の姿勢の評価処理を実行するようにすれば、ＦＦＴ処理により得られた周波数スペクトルの周波数の無次元

化は不要である。

ところで、以上においては、サイドローブ a 1, a 2 に対応するピーク信号が存在すべき適正な周波数範囲の上限値 S 1 および下限値 S 2 を固定しているが、必ずしも、このようにする必要はない。例えば、サイドローブ a 1, a 2 に対応するピーク信号が存在すべき適正な周波数範囲が、サイドローブ a 1, a 2 に対応するピーク信号として過去に検出されたピーク信号の周波数に応じて変化するようにしてもよい。以下、このようにする場合の処理を、図 9 により説明する。ただし、ここでは、図 6 に示した処理と相違する点だけを説明することとする。

上述の場合と同様な処理 (Step 5 0 0 ~ Step 5 0 6) により、2 つのサイドローブ検出用閾値の間 (P 2 以上 P 1 以下) に存在するピーク信号を検出すると、制御処理部 1 3 0 の信号処理部 1 3 1 は、サイドローブ a 1, a 2 に対応するピーク信号の履歴情報が記憶部 1 3 2 に存在しているか否かを判断する (Step 5 1 0)。

その結果、記憶部 1 3 2 に履歴情報が存在していなければ、制御処理部 1 3 0 の信号処理部 1 3 1 は、Step 5 0 6 で検出したピーク信号の周波数を履歴情報として記憶部に格納してから (Step 5 1 3)、前述の場合と同様な処理により、レーダ 1 0 0 とターゲットとの相対速度、および、レーダ 1 0 0 からターゲットまでの距離を、ターゲットに関する計測情報として算出する (Step 5 0 9)。その後、制御処理部 1 3 0 の信号処理部 1 3 1 は、Step 5 0 2 に処理を戻し、受波部 1 2 0 からの新たなサンプルド信号に対する F F T 処理を実行する。

一方、制御処理部 1 3 0 の信号処理部 1 3 1 は、記憶部 1 3 2 にすでに履歴情報として存在していれば、全履歴情報の平均値を算出し、この平均値と、Step 5 1 1 で得られたピーク信号の周波数との差分を算出する (Step 5 1 1)。そして、制御処理部 1 3 0 の信号処理部 1 3

1 は、差分値と所定値とを比較することによって、レーダ 100 が基準姿勢を維持しているか否かを判定する (Step 512)。このことは、履歴情報の平均値を中央とした所定幅の周波数範囲を、サイドローブ a1, a2 に対応するピーク信号が存在すべき適正な周波数範囲とすることに相当する。

その比較の結果、差分値が所定値以上であれば、前述の場合と同様、搭載車両に対するレーダ 100 の傾き情報を算出し、その傾き情報を、レーダの取付け姿勢の調整を要する旨の警告メッセージとともに出力装置 200 に出力する (Step 508)。その反対に、差分値が所定値以上であれば、制御処理部 130 の信号処理部 131 は、Step 506 で検出したピーク信号の周波数を履歴情報として記憶部に格納してから (Step 513)、前述の場合と同様な処理により、レーダ 100 とターゲットとの相対速度、および、レーダ 100 からターゲットまでの距離を、ターゲットに関する計測情報として算出する (Step 509)。その後、制御処理部 130 の信号処理部 131 は、Step 502 に処理を戻し、受波部 120 からの新たなサンプルド信号に対する FFT 処理を実行する。

本実施の形態においては、レーダが基準姿勢を維持していない場合に、搭載車両に対するレーダ 100 の傾き情報を出力装置 200 から出力させるようにしているが、サイドローブに対応するピーク信号の周波数を検出時間とともに履歴情報として保存しておき、サイドローブに対応するピーク信号の周波数の経時的変化を、搭載車両に対するレーダ 100 の取付け姿勢の経時的変化として出力するようしてもよい。

以上、本発明の適用例として、2 周波 CW レーダを含むレーダシステムを挙げたが、本発明は、2 周波 CW 以外の変調方式のレーダを含

むレーダシステムにも適用可能である。例えば、FMCWレーダを含むレーダシステムに本発明を適用することもできる。以下、ホモダイン方式のFMCWレーダを含むレーダシステムへの適用例について説明する。ただし、ここでは、2周波CWレーダを含むレーダシステムへの適用例と相違する点だけを挙げることにする。

本実施の形態に係るFMCWレーダは、前述の2周波CWレーダと同様なハードウェア構成を有している。すなわち、図4に示すように、搭載車両の前方に向けて電波を送波する送信部110、搭載車両の前方の物体からのエコーを受波する受信部120、搭載車両の前方の物体を受信部の出力から検知する制御処理部130、これらを内部に収容したハウジング(図4において不図示、図5参照)を有している。ただし、送信部110、受信部120および制御処理部130における処理が、前述の2周波CWレーダとは相違する。具体的には、以下の通りである。

送信部110では、発信器112が、変調器111からの三角波信号に応じて繰返しFM変調した高周波信号を出力する。これにより、送信部110の送信アンテナ113からは、図10に示すような、三角波による繰返し変調が施された電波Aが発信される。

このとき、電波Aの放射域に物体が存在していれば、受信部120では、まず、受信アンテナ113が、図10に示したような、物体からのエコーBを受信し、ミキサが、そのエコーBと、方向性結合器114からの電波Aとをミキシングする。これにより、図11に示すような、所定の周期で周波数が交互に2つの値 $f_{b+}$ 、 $f_{b-}$ を示すビート信号が生成される。このビート信号は、その繰返し周期の半サイクルごとに、アナログ回路123で復調および増幅されてから、A/Dコンバータ124によって所定のサンプリング間隔Tでサンプリング

される。

制御処理部 130 では、信号処理部 131 が、三角波の折返しタイミングを変調器 112 とアナログ回路 123 とに指示するとともに、ターゲットに関する計測情報(レーダ 100 からターゲットまでの距離、レーダ 100 とターゲットとの相対速度等)および 2 周波レーダ 100 の傾き情報の検出処理等を実行する。これにより、図 13 のフローチャートまたは図 14 のフローチャートにしたがう処理が実現する。これらのフローチャートにしたがう処理は、以下の点において、図 6 のフローチャートおよび図 9 のフローチャートにしたがう処理と異なっている。

図 13 のフローチャートおよび図 14 のフローチャートの F T T 処理 Step 502' は、ビート信号の繰返し周期の半サイクルごとに、受信部 110 からのサンプルド信号を周波数成分に分解する点において、図 6 のフローチャートおよび図 9 のフローチャートの F T T 処理 Step 502 と異なっている。図 13 のフローチャートおよび図 14 のフローチャートの F T T 処理 Step 502' により得られる周波数スペクトルを図 12 に示す。ビート信号の繰返し周期の半サイクルごと得られる周波数スペクトルのうち、一方の周波数スペクトルには、第 1 サイドローブ a1 方向からのエコーのビート信号が交互に示す周波数のうちの一方の周波数  $f_{1b+}$  と、第 2 サイドローブ a2 方向からのエコーのビート信号が交互に示す周波数のうちの一方の周波数  $f_{2b+}$  とにそれぞれピークが現われる。また、他方の周波数スペクトル(不図示)には、第 1 サイドローブ a1 方向からのエコーのビート信号が交互に示す周波数のうちの他方の周波数  $f_{1b-}$  と、第 2 サイドローブ a2 方向からのエコーのビート信号が交互に示す周波数のうちの他方の周波数  $f_{2b-}$  とにそれぞれピークが現われる。

また、図13のフローチャートおよび図14のフローチャートは、車速による分岐処理Step503、車速による周波数無次元化処理Step504を含まない点において、図6のフローチャートおよび図9のフローチャートと異なっている。このよう相違点がある理由は、FMCWレーダのFFT処理により得られる周波数スペクトルの周波数が車速に応じて変化しないことにある。

また、図13のフローチャートおよび図14のフローチャートのターゲット検出処理Step504'は、ターゲットに関する計測情報の算出に次式(10)(11)を用いる点において、数式図6のフローチャートおよび図9のフローチャートのターゲット検出処理Step504と異なっている。

$$\text{Range} = c \cdot (f_{b+} + f_{b-}) / (8 \cdot \Delta F \cdot f_m) \quad \dots (10)$$

$$\text{Rate} = \lambda \cdot (f_{b+} - f_{b-}) / 4 \quad \dots (11)$$

ここで、 $f_m$ は、三角波の繰り返し周期であり、 $\Delta F$ は、FMの周波数偏移幅であり、 $\lambda$ は、送信アンテナからの電波の波長であり、 $f_{b+}$ および $f_{b-}$ は、メインローブに対応するピーク信号が示す周波数である。

さらに、図13のフローチャートおよび図14のフローチャートのレーダ取付け姿勢異常警告処理Step508'は、搭載車両に対するターゲットの傾き姿勢の算出に次式(12)(13)を用いる点において、図6のフローチャートおよび図9のフローチャートのレーダ取付け姿勢異常警告処理Step508と異なっている。

$$\theta = \sin^{-1} \{ (H / (f_{1b+} + f_{1b-}) \cdot (8 \cdot \Delta F \cdot f_m / c)) \} - \phi_1 \quad \dots (12)$$

$$\theta = \sin^{-1} \{ (H / (f_{2b+} + f_{2b-}) \cdot (8 \cdot \Delta F \cdot f_m / c)) \} - \phi_2 \quad \dots (13)$$

ここで、 $H$ は、レーダが基準姿勢を維持している場合における、路面からメインローブまでの距離(図2における $H$ )であり、 $f_{1b+}$ および $f_{1b-}$ は、第1サイドローブ $a_1$ に対応するピーク信号の周波数であり、 $f_{2b+}$ および $f_{2b-}$ は、第2サイドローブ $a_2$ に対応するピーク信号の周波数である。

なお、以上においては、レーダシステムが搭載される移動体の例として車両を挙げているが、例えば、自動二輪車等、車両以外の移動体にレーダシステムが搭載されるようにしてもよい。

また、以上においては、2つのサイドローブに着目しているが、1つのサイドローブにだけ着目するようにしてもよい。また、さらに多くのサイドローブに対応するピーク信号を検出可能な場合には、3つ以上のサイドローブに着目するようにしてもよい。

#### 産業上の利用可能性

以上説明したように、本発明に係るレーダ装置によれば、ハードウェアの追加なく、移動体に対する取付け姿勢の変化を検出することができる。

## 請求の範囲

1. 連続面に沿って移動する移動体に搭載されるレーダ装置であって、  
前記移動体の移動方向に沿ったメインローブと、前記連続面に向かうサイドローブを有する信号を発信し、前記メインローブ方向のターゲットからの第1反射信号と前記サイドローブ方向の前記連続面からの第2反射信号とを受信する送受信部と、

前記送受信部が受け付けた第2反射信号と前記送受信部が発信する信号とのビート信号の周波数を検出し、当該周波数に基づき、前記連続面に対する当該レーダ装置の姿勢に相関する情報を検出する制御処理手段と、

を有する。

2. 連続面に沿って移動する移動体に搭載されるレーダ装置であって、  
前記移動体の移動方向に沿ったメインローブと、前記連続面に向かうサイドローブを有する信号を発信し、前記メインローブ方向のターゲットからの第1反射信号と前記サイドローブ方向の前記連続面からの第2反射信号とを受信する送受信部と、

前記送受信部が受け付けた第2反射信号と前記送受信部が発信する信号とのビート信号の周波数を検出し、当該周波数に基づき、前記連続面に対する当該レーダ装置の姿勢変化を検出する制御処理手段と、

を有する。

3. 請求項1または2記載のレーダ装置であって、

前記制御処理手段は、

前記送受信部が受け付けた第2反射信号と前記送受信部が発信する



信号とのビート信号の強度に基づき、前記連続面の表面状態を検出する。

4. 連続面に沿って移動する移動体に搭載されるレーダシステムであって、

請求項 1 記載のレーダ装置と、

前記制御処理手段の検出結果を、前記移動体に対する前記レーダの姿勢を表す情報として出力する出力手段と、

を有する。

5. 連続面に沿って移動する移動体に搭載されるレーダシステムであって、

請求項 2 記載のレーダ装置と、

前記制御処理手段が、前記連続面に対する前記レーダ装置の姿勢変化を検出した場合に、前記移動体に対する前記レーダ装置の姿勢変化の発生を報知する出力手段と、

を有する。

6. 連続面に沿って移動する移動体に搭載されるレーダシステムであって、

請求項 3 記載のレーダ装置と、

前記制御処理手段が検出した、前記連続面の表面状態を報知する出力手段と、

を有する。

1/9

図1

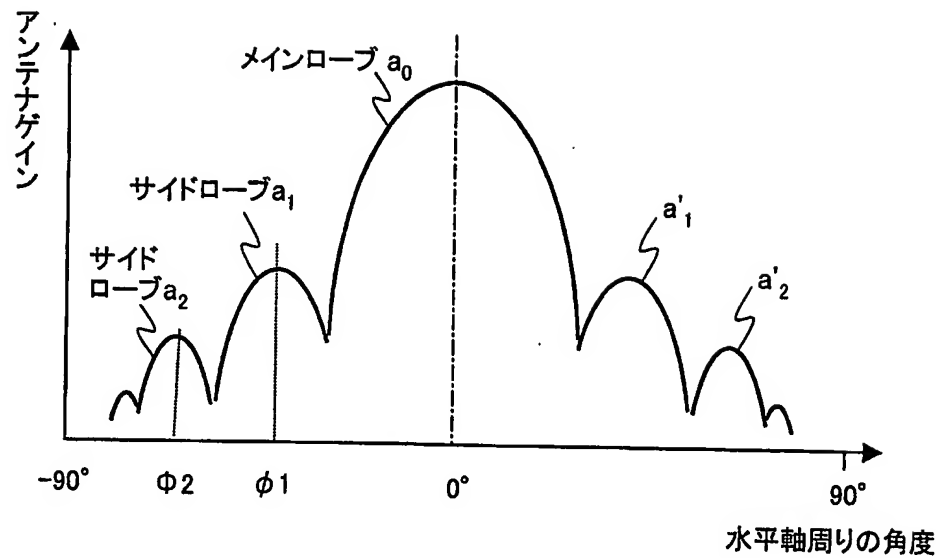


図2

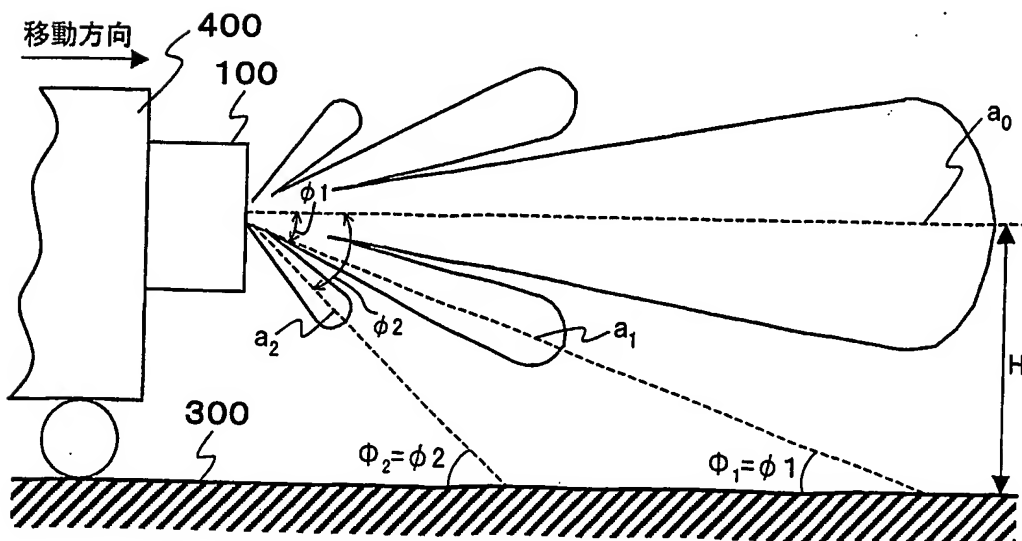


図3

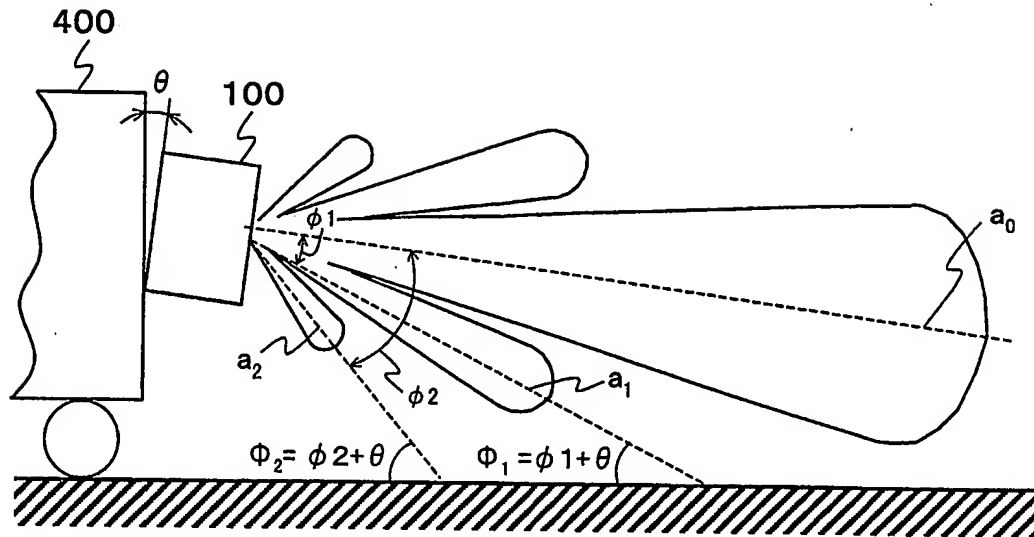


図4

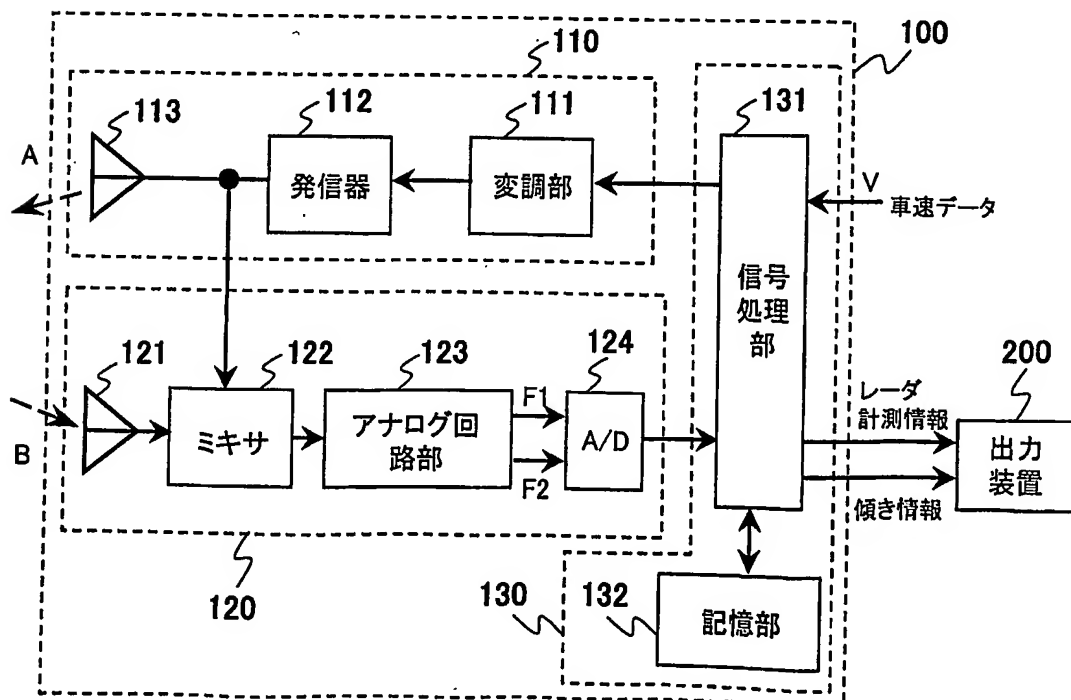
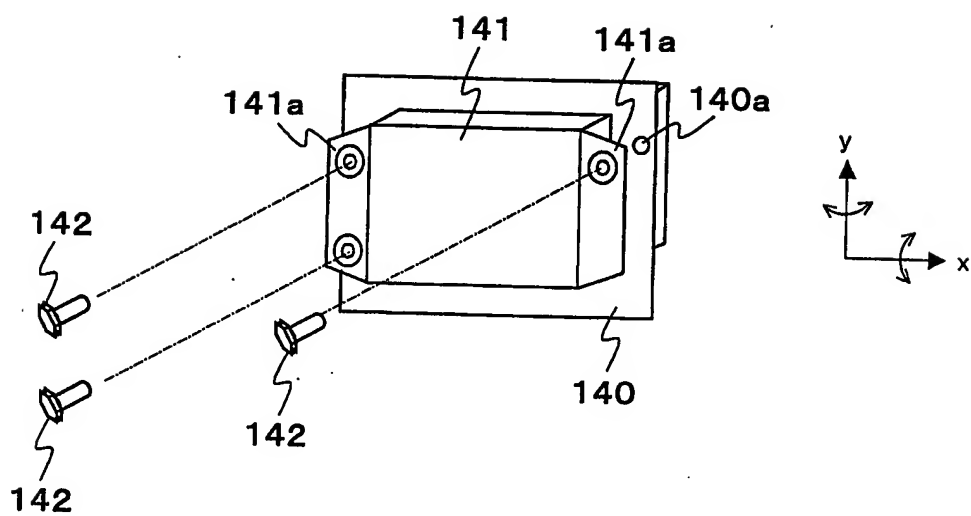


図5



4/9

図6

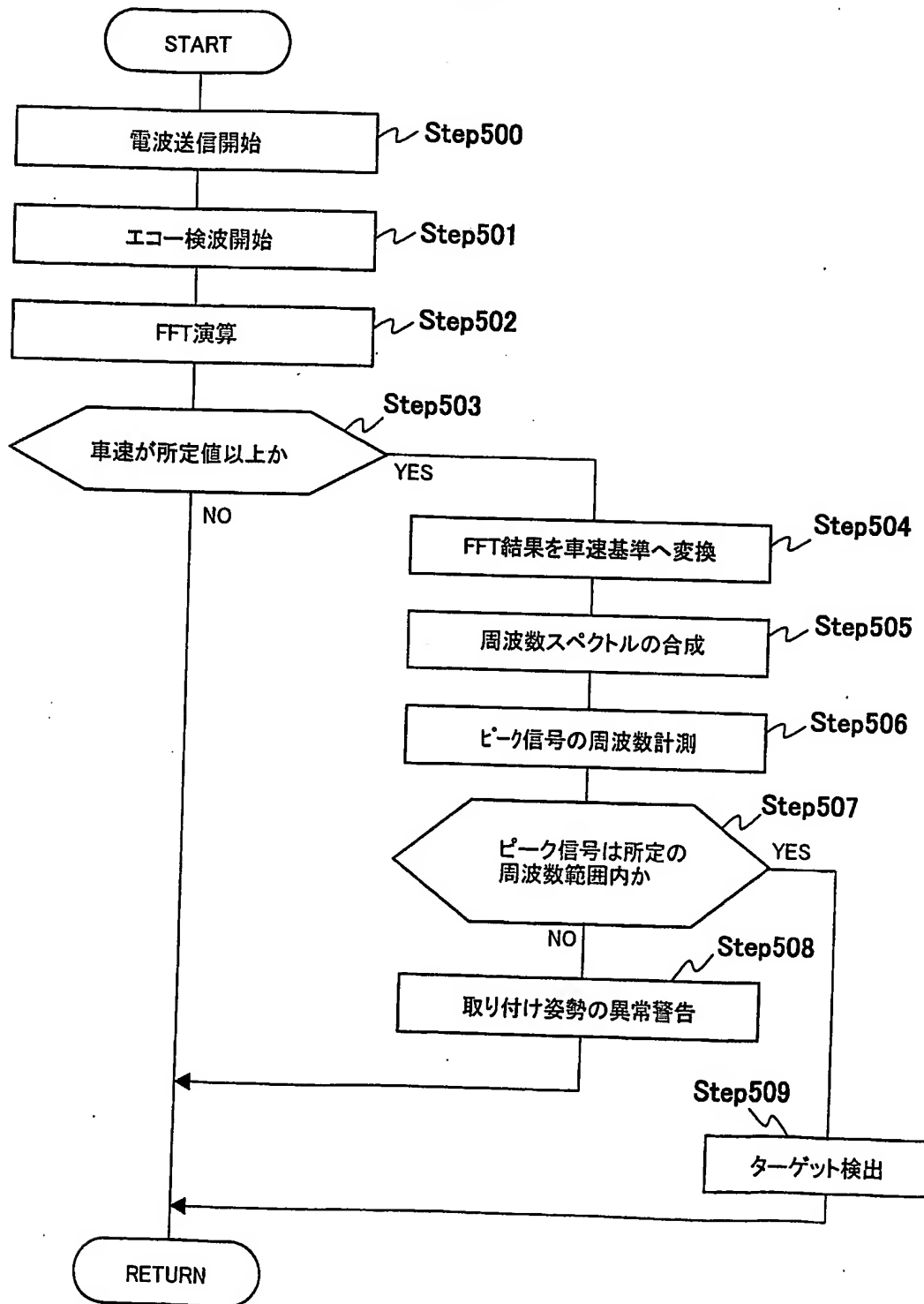


図7

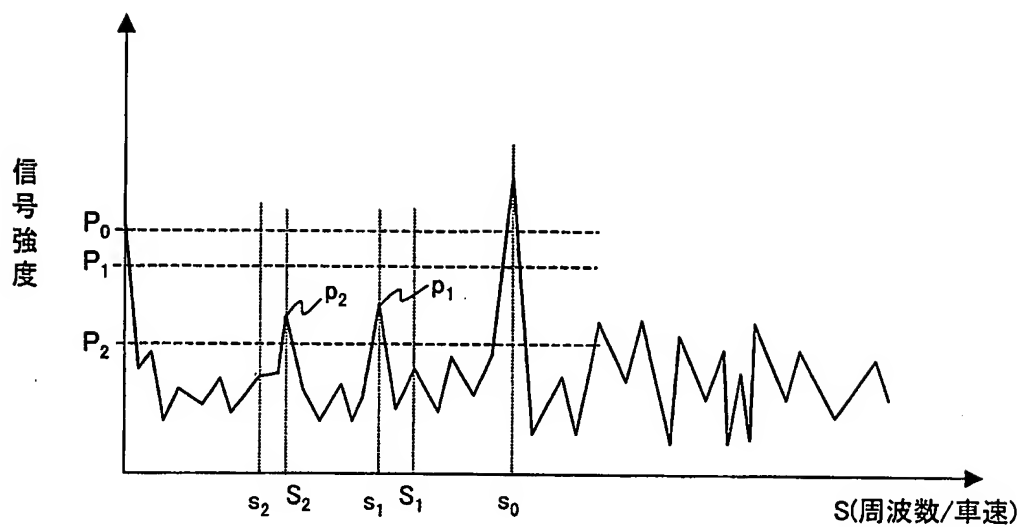
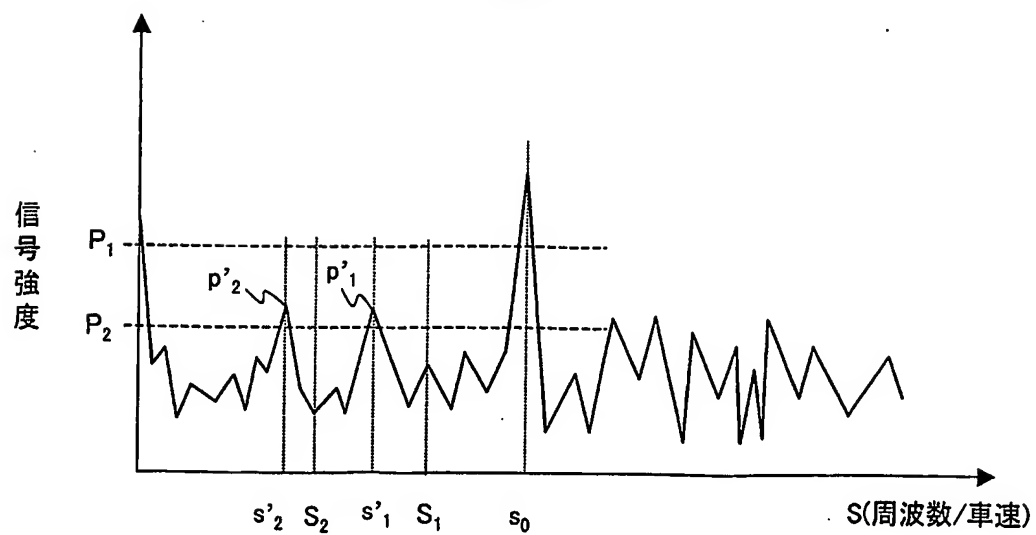
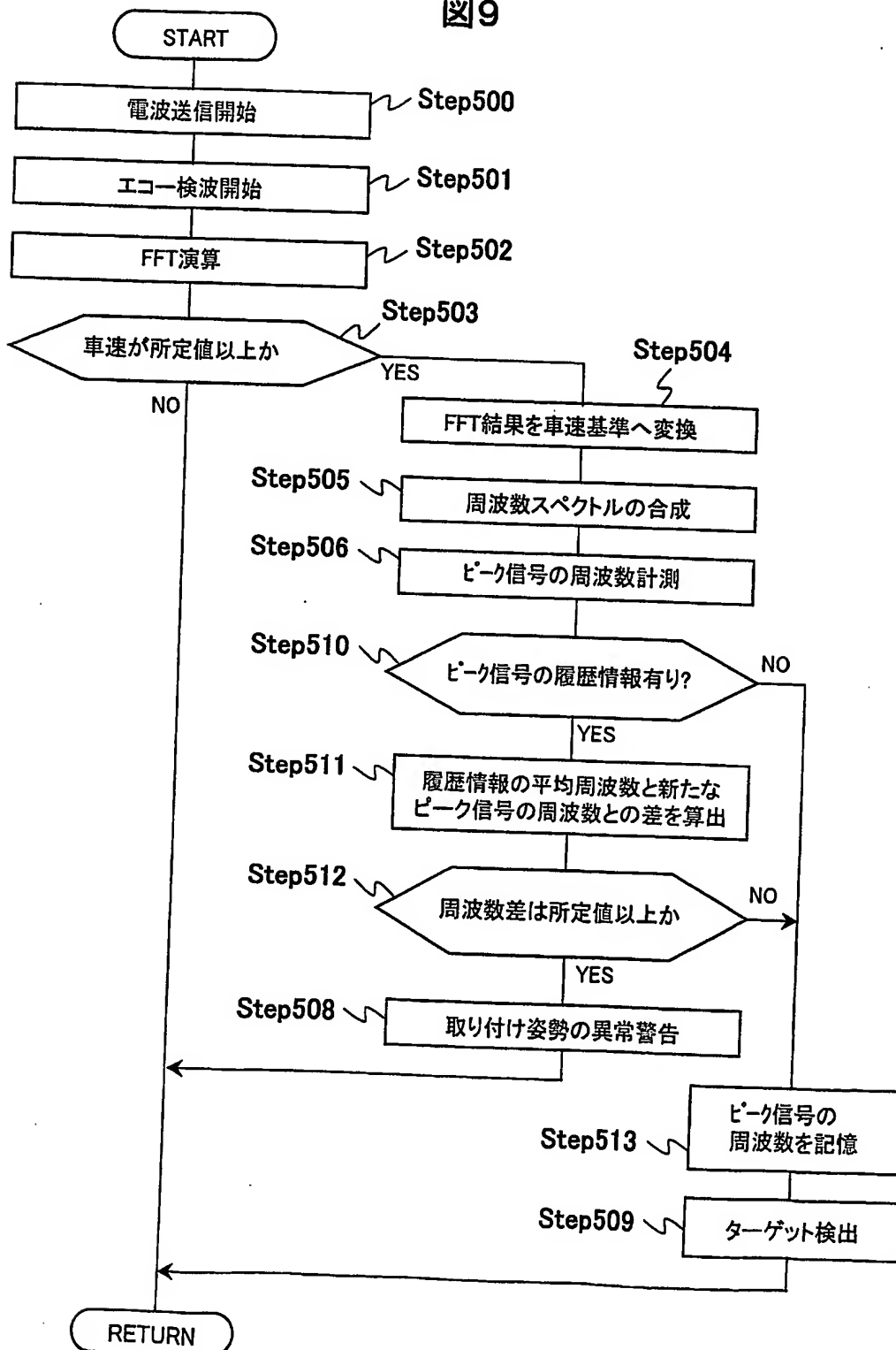


図8



6/9

図9



7/9

図 10

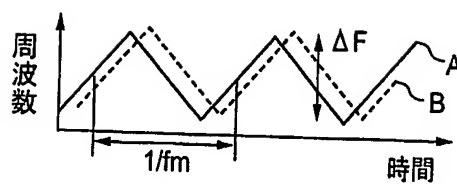


図 11

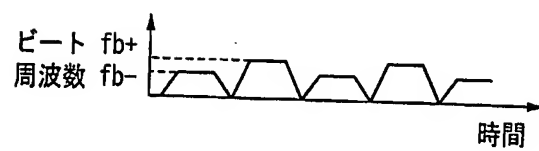


図 12

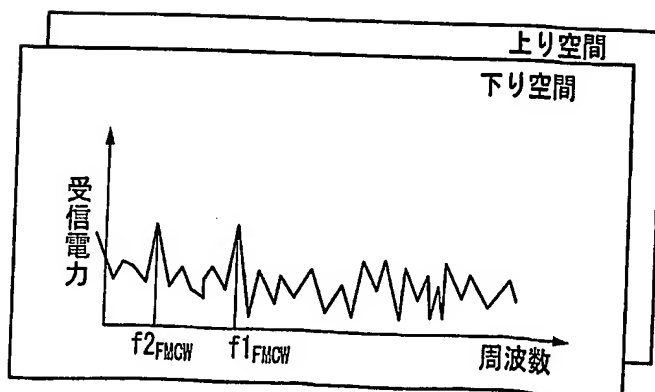




図13

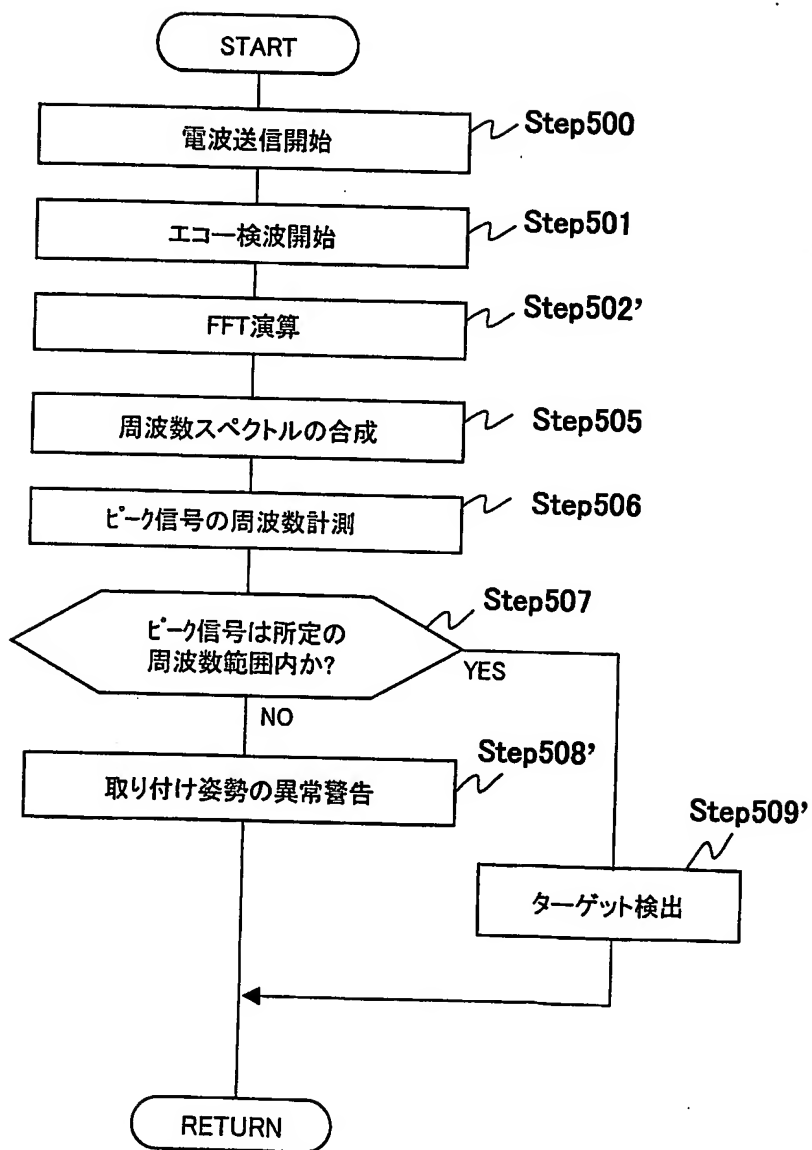


図14

